



21 Aktenzeichen: P 40 33 708.1  
22 Anmeldetag: 24. 10. 90  
43 Offenlegungstag: 23. 5. 91

DE 40 33 708 A 1

30 Unionspriorität: 32 33 31  
21.11.89 CH 4174/89

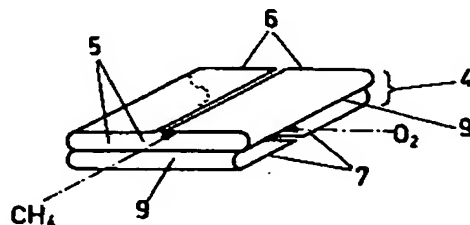
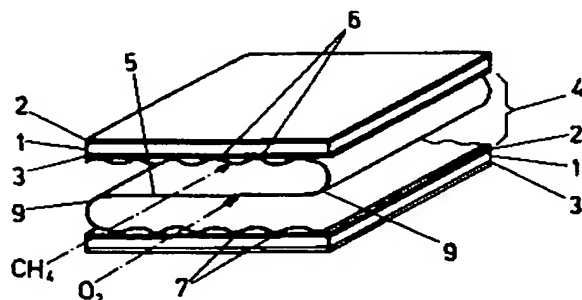
71 Anmelder:  
Asea Brown Boveri AG, Baden, Aargau, CH

74 Vertreter:  
Rupprecht, K., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 6242 Kronberg

72 Erfinder:  
Bossel, Ulf, Dr., Baden, CH

54 Bauelement zur Stromübertragung zwischen Hochtemperatur-Brennstoffzellen

Bauelement (4) zur Stromübertragung zwischen benachbarten ebenen, stapelförmig angeordneten Hochtemperatur-Brennstoffzellen mit Feststoffelektrolyt (1), Sauerstoffelektrode (2) und Brennstoffelektrode (3), bestehend aus einem einzigen, mehrfach gefalteten monolithischen Blechteil, dessen mittlerer Teil (5) die Räume für die gasförmigen Medien ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{O}_2$ ) trennende Wand und dessen beide äußeren Teile (6; 7) die elastischen Stromkollektoren bilden. Varianten mit rechteckigen, dreieckigen, zungenartigen mit Wellen, Erhebungen, Noppen versehenen Stromkollektoren. Herstellung durch Stanzen aus einem Blech aus dispersionsgehärtetem Edelmetall oder einer warmfesten Legierung, Pressen, Falten, Wärmebehandlung.



Hochtemperatur-Brennstoffzellen zur Umwandlung von chemischer Energie in elektrische Energie. Die elektrochemische Energieumwandlung und die hierzu benötigten Vorrichtungen gewinnen dank ihres guten Wirkungsgrades gegenüber anderen Umwandlungsarten an Bedeutung.

Die Erfindung bezieht sich auf die Weiterentwicklung der elektrochemischen Hochtemperatur-Zellen unter Verwendung von keramischen Feststoffelektrolyten als Ionenleiter, wobei die Zellen weitgehend unabhängig vom verwendeten Brennstoff sein sollen und eine raumsparende Anordnung gewähren sollen.

Im engeren Sinne betrifft die Erfindung ein Bauelement zur Stromübertragung zwischen benachbarten flachen, ebenen, stapelförmig angeordneten Hochtemperatur-Brennstoffzellen mit Feststoffelektrolyt auf der Basis von stabilisiertem Zirkonoxyd, wobei jeweils die Sauerstoffelektrode der einen Brennstoffzelle mit der Brennstoffelektrode der nächstfolgenden Brennstoffzelle elektrisch verbunden und der zwischen den Elektroden liegenden Zwischenraum durch eine gasdichte, elektrisch leitende trennende Wand in zwei, die unterschiedlichen gasförmigen Medien Brennstoff ( $\text{CH}_4$ ) und Sauerstoffträger ( $\text{O}_2$ ) führenden Räume unterteilt ist.

#### Stand der Technik

Hochtemperatur-Brennstoffzellen mit keramischem Feststoffelektrolyten sind aus zahlreichen Veröffentlichungen bekannt. Die eigentlichen Elemente für derartige Zellen können die verschiedensten Formen und Abmessungen aufweisen. Um die ohmschen Spannungsverluste klein zu halten, wird allenthalben versucht, die Dicke der Elektrolytschicht möglichst niedrig zu halten. Form und Abmessung der Elemente richten sich zudem nach der Forderung der Möglichkeit der elektrischen Serieschaltung einer Vielzahl von Zellen, um auf die nötige Klemmenspannung zu kommen und die Ströme vergleichsweise niedrig zu halten.

Im Falle einer stapelförmigen Anordnung einer Vielzahl von plattenförmigen ebenen Brennstoffzellen ähnlich dem Filterpresse-Prinzip muß der Strom senkrecht zur Plattenebene von der Sauerstoffelektrode der einen Zelle zur Brennstoffelektrode der nächstfolgenden Zelle geleitet werden. Als wesentliche Bauelemente sind für diese Funktion elektrische Verbindungsglieder zu den Elektroden (Stromkollektoren) und Trennplatten (Bipolarplatten) erforderlich.

Die bisher bekannten Bauelemente befriedigen vielfach bezüglich der verwendeten Werkstoffe, der Konstruktion und Fabrikation sowie dem Langzeitverhalten den modernen Anforderungen nicht.

Die bekannten, für Brennstoffzellen verwendeten Grundelemente zeichnen sich meistens durch eine vergleichsweise komplizierte Geometrie aus, die den Bau von kompakten, raumsparenden Anlagen erschwert. Insbesondere fehlt eine für eine optimale Serieschaltung der Einzelzellen brauchbare Konfiguration, die sich mit einfachen Fabrikationsmitteln realisieren läßt.

Es besteht daher ein großes Bedürfnis nach Weiterentwicklung, Vereinfachung und Rationalisierung des Aufbaus und der Herstellung von stromführenden Grund-Bauelementen und deren optimale konstruktive und fabrikationsgerechte Gestaltung.

Zum Stand der Technik werden die nachfolgenden Druckschriften genannt:

— O. Antonsen, W. Baukal und W. Fischer, "Hochtemperatur-Brennstoffbatterie mit keramischem Elektrolyten", Brown Boveri Mitteilungen Januar/Februar 1966, Seiten 21—30,

— US-A-46 92 274

— US-A-43 95 468

— W. J. Dollard und W. G. Parker, "An overview of the Westinghouse Electric Corporation solid oxide Fuel cell program", Extended Abstracts, Fuel Cell Technology and Applications, International Seminar, Den Haag, Niederlande, 26. bis 29. Oktober 1987,

— F. J. Rohr, High-Temperature Fuel Cells, Solid Electrolytes, 1978 by Academic Press, Inc. Seite 431 ff.

— D. C. Fee et al., Monolithic Fuel Cell Development, Argonne National Laboratory, Paper presented at the 1986 Fuel Cell Seminar, Oct. 26—29, 1986 Tucson, AZ, U. S. Department of Energy.

#### Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Bauelement zur Stromübertragung zwischen benachbarten ebenen, stapelförmig angeordneten Hochtemperatur-Brennstoffzellen anzugeben, welches einen guten elektrischen Kontakt zu den Elektroden der Brennstoffzellen bei Temperaturen bis zu  $1000^\circ\text{C}$  gewährleistet und seinerseits eine hohe metallische elektrische Leitfähigkeit besitzt und sowohl in reduzierender, neutraler wie in oxydierender Atmosphäre eingesetzt werden kann und außerdem eine hinreichende Langzeitstabilität aufweist. Das Bauelement soll kostengünstig, reproduzierbar und auswechselbar hergestellt werden können.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß das eingangs erwähnte Bauelement aus einem einzigen, mehrfach gefalteten monolithischen Blechteil besteht, das derart geformt ist, daß ein mittlerer Teil die trennende Wand und die beiden äußeren Teile die senkrecht zur Plattenebene der Brennstoffzelle vollelastischen Stromkollektoren bilden, welche eine Vielzahl von die elektrisch leitenden Berührungspunkte zu den benachbarten Elektroden gewährleistenden Erhebungen in Form von Wellen, Falten oder Noppen aufweisen.

#### Weg zur Ausführung der Erfindung

Die Erfindung wird anhand der nachfolgenden, durch Figuren näher erläuterten Ausführungsbeispiele beschrieben.

Dabei zeigt

Fig. 1 eine schematische perspektivische Darstellung des prinzipiellen Aufbaus von benachbarten Brennstoffzellen und einem dazwischenliegenden Bauelement zur Stromübertragung,

Fig. 2 einen Grundriß eines Blechelements entsprechend einem abgewinkelten Bauelement vor der Formgebung,

Fig. 3 eine perspektivische Darstellung eines Bauelements zur Stromübertragung mit rechteckigem Grundriß,

Fig. 4 einen Grundriß eines Blechelements mit rechteckigen Lappen vor der Formgebung,

Fig. 5 einen Grundriß aneinanderstoßender Blechelemente (rechteckige Lappen) mit geringem Abfall beim Blechschnitt,

Fig. 6 eine perspektivische Darstellung eines Bauelements zur Stromübertragung mit Stromkollektoren mit

dreieckigem Grundriß,

Fig. 7 einen Grundriß eines Blechelements mit dreieckigen Lappen vor der Formgebung,

Fig. 8 einen Grundriß aneinanderstoßender Blechelemente (dreieckige Lappen) mit geringem Abfall beim Blechschnitt,

Fig. 9 eine perspektivische Darstellung eines Bauelements zur Stromübertragung mit Stromkollektoren mit kammartig ineinandergreifenden rechteckigen federnden Lamellen,

Fig. 10 einen Grundriß eines Blechelements mit rechteckigen Lamellen vor der Formgebung,

Fig. 11 einen Grundriß aneinanderstoßender Blechelemente (rechteckige Lamellen) mit geringem Abfall beim Blechschnitt,

Fig. 12 eine perspektivische Darstellung eines Bauelements zur Stromübertragung mit Stromkollektoren mit kammartig ineinandergreifenden dreieckigen federnden Lamellen,

Fig. 13 einen Grundriß eines Blechelements mit dreieckigen Lamellen vor der Formgebung,

Fig. 14 einen Aufriß/Schnitt eines Bauelements zur Stromübertragung mit Stromkollektoren als gewellte, stumpf aneinanderstoßende rechteckige federnde Lamellen.

Fig. 1 bezieht sich auf eine schematische perspektivische Darstellung des prinzipiellen Aufbaus von zwei benachbarten Brennstoffzellen und einem dazwischenliegenden Bauelement zur Stromübertragung. Die eigentliche Brennstoffzelle besteht aus dem keramischen Feststoffelektrolyten 1 aus dotiertem, stabilisiertem  $ZrO_2$ , der porösen (positiven) Sauerstoffelektrode 2 aus dotiertem La/Mn-Perowskit und der ebenfalls porösen (negativen) Brennstoffelektrode 3 aus Ni/ $ZrO_2$ -Cermet. Dazwischen befindet sich ein monolithisches Bauelement 4 zur Stromübertragung zwischen benachbarten Brennstoffzellen. 5 ist der als trennende Wand (Trennplatte) wirkende Teil des monolithischen Bauelements. 6 stellt den auf der Brennstoffseite als Stromkollektor wirkende Teil des monolithischen Bauelements dar. 7 ist der als Stromkollektor auf der Sauerstoffseite wirkende Teil des monolithischen Bauelements. Mit 9 ist die Faltzone des Elements angedeutet.

Das Symbol  $CH_4$  steht allgemein für den vom gasförmigen Brennstoff durchfluteten, das Symbol  $O_2$  für den vom gasförmigen Sauerstoffträger (Luft) durchfluteten Raum der Brennstoffzelle. Im vorliegenden Fall sind die Ströme der gasförmigen Medien parallel gerichtet: Gleichstromprinzip für  $CH_4$  und  $O_2$ !

In Fig. 2 ist ein Grundriß eines Blechelements entsprechend einem abgewinkelten Bauelement vor der Formgebung grundsätzlich dargestellt. 8 ist das abgewinkelte rechteckige Bauelement: Grundriß des entsprechenden Blechelements. 5 ist der als Trennplatte wirkende mittlere Teil des Elements, an den die nach der Formgebung als Stromkollektoren wirkenden Teile beidseitig anschließen. Mit 9 sind in Form von gestrichelten Linien die Faltzonen des Elements angedeutet. 10 sind die in der Abwicklung oben liegenden, elektrisch leitenden Berührungspunkte (Kontaktstellen) der — im Vorliegenden nicht gezeichneten — Erhebungen des Elements auf der Sauerstoffseite. 11 sind die entsprechenden Berührungspunkte (Kontaktstellen) der Erhebungen auf der Brennstoffseite.

Fig. 3 bezieht sich auf eine perspektivische Darstellung eines Bauelements zur Stromübertragung mit Stromkollektoren mit rechteckigem Grundriß. 4 ist das aus einem einzigen Blechkörper bestehende monolithi-

sche Bauelement. Der als Stromkollektor auf der Brennstoffseite wirkende Teil 6 besteht aus zwei in der Mitte der Projektion der Brennstoffzelle stumpf zusammenstreichenden rechteckigen Hälften. Das gleiche gilt für den auf der Sauerstoffseite als Stromkollektor wirkenden Teil 7, mit dem Unterschied, daß die Mittellinie der stumpf zusammenstreichenden Hälften senkrecht auf derjenigen von Teil 6 steht. Die Faltzonen 9 des Elements bilden somit einen rechten Winkel zueinander. Dadurch werden zwischen dem als Trennplatte 5 wirkenden Teil und dem Teil 6 einerseits und dem Teil 7 andererseits zwei Kanäle für die strömenden gasförmigen Medien geschaffen, die mit ihren Öffnungen senkrecht aufeinander stehen: Kreuzstromprinzip für  $CH_4$  und  $O_2$ !

In Fig. 4 ist ein Grundriß eines Blechelements mit rechteckigem Lappen vor der Formgebung dargestellt. Die Bezugszeichen entsprechend genau denjenigen von Fig. 2. Statt lediglich 2 sind hier jedoch 4 Lappen für den als Stromkollektoren wirkenden Teil vorhanden. Entsprechend ergeben sich dadurch insgesamt 4 Faltzonen 9 des Elements. Um den für die mit größtmöglichem Krümmungsradius auszuführende Faltung sowie für die Profilierung (Wellen, Erhebungen etc.) der Stromkollektoren — in der Figur nicht dargestellt — notwendigen Materialaufwand zu berücksichtigen, ist die Fläche des Stromkollektoranteils am Blechelement größer als dem doppelten Wert des Trennplattenanteils (Projektion der Brennstoffzellenfläche) entspricht.

Fig. 5 stellt einen Grundriß von aneinanderstoßenden Blechelementen mit rechteckigen Lappen dar. Daraus geht hervor, daß bei geschicktem Aneinanderreihen der abgewinkelten Bauelemente 8 mit nur geringem Abfall beim Blechschnitt gerechnet werden kann.

Fig. 6 gibt eine perspektivische Darstellung eines Bauelements zur Stromübertragung mit Stromkollektoren mit dreieckigem Grundriß wieder. 4 ist das aus einem einzigen Blechkörper bestehende monolithische Bauelement. Der als Stromkollektor auf der Brennstoffseite wirkende Teil 6 besteht aus zwei dreieckigen, in der Diagonalen der Projektion der Brennstoffzelle stumpf zusammenstreichenden Hälften.

In gleicher Weise ist der auf der Sauerstoffseite als Stromkollektor wirkende Teil 7 ausgebildet. Im vorliegenden Fall liegen die Stoßfugen der stumpf zusammenstreichenden Hälften auf parallelen Flächendiagonalen. Selbstverständlich können sie auch auf sich kreuzenden Diagonalen liegen. Für die möglichst abfallfreie Blechverwertung ist jedoch die erste Variante besser (siehe Fig. 7!). Im übrigen entsprechen die Bezugszeichen genau denjenigen der Fig. 3. Das gilt auch für den grundsätzlichen Aufbau des Elements: Kreuzstromprinzip für  $CH_4$  und  $O_2$ !

In Fig. 7 ist ein Grundriß eines Blechelements mit dreieckigen Lappen vor der Formgebung dargestellt. Die Bezugszeichen entsprechen genau denjenigen von Fig. 4. Für den als Stromkollektoren wirkenden Teil sind 4 dreieckige Lappen vorhanden. Die 4 Faltzonen 9 des Elements schließen im vorliegenden Fall ein Quadrat ein. Wegen des unter Fig. 4 bereits beschriebenen Materialaufwandes sind die Lappen länger als den Abmessungen des Trennplattenanteils entspricht.

Fig. 8 stellt einen Grundriß aneinanderstoßender Blechelemente mit dreieckigen Lappen dar. Das optimale Aneinanderreihen der abgewinkelten Bauelemente 8 führt zu geringem Abfall beim Blechschnitt.

Fig. 9 zeigt eine perspektivische Darstellung eines Bauelements zur Stromübertragung mit Stromkollektoren mit kammartig ineinandergreifenden rechteckigen

Lamellen. 4 stellt wieder das aus einem einzigen Blechkörper bestehende monolithische Bauelement dar. Der als Stromkollektor auf der Brennstoffseite wirkende Teil 6 besteht aus einer Vielzahl von federnden rechteckigen Lamellen 12, die von zwei gegenüberliegenden Seiten unter Wahrung von seitlichem Spiel ineinandergreifen. In der Regel sind diese Lamellen als wellenförmige Zungen ausgebildet (nicht gezeichnet in Fig. 9). Der auf der Sauerstoffseite als Stromkollektor wirkende Teil 7 ist in gleicher Weise in der Form von federnden rechteckigen Lamellen 13 ausgebildet. Im weiteren entsprechen die Bezugszeichen genau denjenigen der Fig. 3. Kreuzstromprinzip für  $\text{CH}_4$  und  $\text{O}_2$ !

In Fig. 10 ist ein Grundriß eines Blechelements mit rechteckigen Lamellen vor der Formgebung dargestellt. Die Bezugszeichen entsprechen im allgemeinen denjenigen von Fig. 4 und Fig. 9. Für den als Stromkollektoren wirkenden Teil sind kammartige rechteckige federnde Lamellen 12 für die Brennstoffseite und ebensolche 13 für die Sauerstoffseite vorhanden. Die Lamellen der einen Seite entsprechen Aussparungen der gegenüberliegenden Seite, wobei letztere breiter gehalten sind, so daß beim Zusammenbiegen ein gewisses seitliches Spiel gewährleistet ist. Für den Materialaufwand gilt das unter Fig. 4 und Fig. 7 Gesagte.

Fig. 11 stellt einen Grundriß aneinanderstoßender Blechelemente mit rechteckigen Lamellen dar. Das Aneinanderreihen der abgewinkelten Bauelemente 8 kann so gestaltet werden, daß durch kammartiges Ineinandergreifen beim Blechschnitt ein minimaler Abfall entsteht.

Fig. 12 zeigt eine perspektivische Darstellung eines Bauelements zur Stromübertragung mit Stromkollektoren mit kammartig ineinandergreifenden dreieckigen federnden Lamellen. 4 ist das aus einem einzigen Blechkörper bestehende monolithische Bauelement. Der als Stromkollektor auf der Brennstoffseite wirkende Teil 6 besteht aus einer Vielzahl von federnden dreieckigen, spitz zulaufenden Lamellen 12, die von zwei gegenüberliegenden Seiten unter Wahrung eines gewissen seitlichen Spiels ineinandergreifen. Die Lamellen sind im vorliegenden Fall als wellenförmige Zungen ausgebildet (nicht gezeichnet in Fig. 12). Der als Stromkollektor wirkende Teil 7 ist in derselben Weise in der Form von federnden dreieckigen Lamellen 13 ausgebildet. Die übrigen Bezugszeichen entsprechen denjenigen der Fig. 3. Für die Ströme der gasförmigen Medien  $\text{CH}_4$  und  $\text{O}_2$  gilt das Kreuzstromprinzip!

In Fig. 13 ist ein Grundriß eines Blechelements mit dreieckigen Lamellen vor der Formgebung dargestellt. Die Bezugszeichen entsprechen denjenigen der Fig. 9. Für den als Stromkollektoren wirkenden Teil sind kammartige, dreieckig spitz zulaufende, federnde Lamellen 12 für die Brennstoffseite und entsprechende Lamellen 13 für die Sauerstoffseite vorhanden. Den Lamellen auf der einen Seite entsprechen dreieckige Aussparungen auf der gegenüberliegenden Seite, wobei ein gewisses seitliches Spiel nach dem Zusammenbiegen berücksichtigt ist. Für die Detailausführung dieser Zungen (Wellen, Noppen, Warzen, Erhebungen) sowie für den Materialaufwand gilt das früher Gesagte.

Fig. 14 bezieht sich auf einen Aufriß/Schnitt eines Bauelements zur Stromübertragung mit Stromkollektoren als gewellte, stumpf aneinanderstoßende rechteckige federnde Lamellen. 5 ist der als trennende Wand (Trennplatte) wirkende Teil des monolithischen Bauelements von der Kante her gesehen. 6 stellt den als Stromkollektor auf der Brennstoffseite wirkende Teil des mo-

nolithischen Bauelements in Form von sinusförmig gewellten Lamellen dar. Dabei stützen sich die Scheitel der Wellen einerseits auf der Brennstoffelektrode, andererseits auf dem Trennplattenteil 5 ab. In Fig. 14 ist eine symmetrische Anordnung dargestellt. Die Lamellen können auch asymmetrisch angeordnet und die Wellen von nebeneinander liegenden Lamellen gegeneinander versetzt sein. Mit den Vektoren  $\text{CH}_4$  ist die Strömungsrichtung des Brennstoffs senkrecht zur Zeichnungsebene, in diese hinein, angedeutet. 7 stellt den als Stromkollektor auf der Sauerstoffseite wirkende Teil des monolithischen Bauelements in Form von sinusförmig gewellten Lamellen (gestrichelte senkrechte Linien) dar. Die Wellenform ist im Profil um  $90^\circ$  gedreht (Seitenriß) in Form einer strichpunktiierten Sinuskurve angedeutet. Der Vektor  $\text{O}_2$  für den Sauerstoffträger steht senkrecht auf dem Vektor  $\text{CH}_4$ : Kreuzstromprinzip! 10 und 11 sind die elektrisch leitenden Berührungspunkte (Kontaktstellen) zu den Elektroden.

#### Ausführungsbeispiel

Siehe Fig. 1 und 2!

Es wurde ein monolithisches Bauelement 4 zur Stromübertragung aus einem oxyddispersionsgehärteten Edelmetall gefertigt. Die Projektion der Elektrodenfläche war ein Quadrat von 100 mm Seitenlänge. Als Werkstoff wurde eine Alu-Legierung mit  $\text{Al}_2\text{O}_3$  als Dispersoid gewählt. Die Zusammensetzung war wie folgt:

$\text{Al}_2\text{O}_3 = 1 \text{ Gew.}\%$   
 Au = Rest

Zunächst wurde eine Au/Al-Legierung erschmolzen, zu einem Barren vergossen und durch Warm- und Kaltwalzen zu einem Blech mit einer Dicke von 0,4 mm verarbeitet. Aus dem Blech wurde ein Rechteck (Blechelement 8) von 100 mm Breite und 375 mm Länge gestanzt. Die als Stromkollektoren vorgesehenen Teile 6 und 7 (Endlappen) wurden durch Pressen in flache sinusförmige, parallel liegende Wellen von 8 mm Wellenlänge und 1 mm Amplitude gelegt und auf der jeweils auf die Elektrode zu liegenden Seite auf den Wellenscheiteln mit Erhebungen versehen. Letztere waren in Form von Noppen von 0,4 mm Höhe und 1,5 mm Durchmesser mit einem seitlichen Abstand von 6 mm ausgebildet. Auf diese Weise entstand ein orthogonales Muster von Berührungspunkten 10, 11 sowohl auf der Sauerstoffseite wie auf der Brennstoffseite. In der Diagonalen in der Mitte zwischen 4 benachbarten Noppen wurden in die entsprechenden Wellenscheitel (Wellentäler) Löcher von 5 mm Durchmesser für den Durchtritt der gasförmigen Medien gestanzt. Nun wurde das Blechelement 8 auf der Sauerstoffseite um einen Dorn mit dem Krümmungsradius 3 mm um  $180^\circ$  und auf der Brennstoffseite um einen solchen mit dem Krümmungsradius 1 mm in entgegengesetzter Richtung um ebenfalls  $180^\circ$  gefaltet. Das ganze Bauelement hatte somit eine totale Höhe inklusive vorstehende Noppen von 12 mm. Für den Brennstoffstrom  $\text{CH}_4$  stand eine durchschnittliche lichte Höhe von 2 mm, für den Sauerstoffträgerstrom (Luft)  $\text{O}_2$  eine solche von 6 mm zur Verfügung. Das Bauelement 4 wurde nun unter einem  $\text{O}_2$ -Partialdruck von 3 bar während 6 h bei  $850^\circ\text{C}$  geglüht, um das  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Dispersoid in feiner Verteilung zu bilden.

## Ausführungsbeispiel 2

Siehe Fig. 1 und 2!

Ein monolithisches Bauelement 4 wurde aus einer oxyddispersionsgehärteten Ni/Cr-Legierung mit der Handelsbezeichnung TD NiCr mit der nachfolgenden Zusammensetzung gefertigt:

Cr = 20 Gew.-%  
 ThO<sub>2</sub> = 2 Gew.-%  
 Ni = Rest.

Dabei wurde analog Beispiel 1 vorgegangen. Zu diesem Zweck wurde ein handelsübliches Blech von 0,35 mm Dicke verwendet. Das daraus gestanzte Blechelement 8 hatte die gleichen Flächenabmessungen wie in Beispiel 1. Die Anordnung der Wellen, Noppen und Löcher war ebenfalls die gleiche. Nun wurde der später als Stromkollektor auf der Brennstoffseite wirkende Teil 6 des Blechelements 8 beidseitig, der als Trennplatte wirkende Teil 5 nur auf der Brennstoffseite und der als Stromkollektor auf der Sauerstoffseite wirkende Teil 7 nur auf der Sauerstoffelektrode aufliegenden Seite mit einer aus Ni<sub>3</sub>Si bestehenden Zwischenschicht als Diffusionssperre versehen. Diese Zwischenschicht wurde durch Kathodenzerstäubung in einer Dicke von 15 µm aufgetragen. Sowohl auf dem Teil 6 als auch auf dem Teil 7, jedoch nur auf der auf den Elektroden aufliegenden Seiten, wurde auf diese Zwischenschicht elektrochemisch eine Schutzschicht (elektrische Kontaktschicht) von 40 µm Dicke aus Palladium abgeschieden. Dann wurde das auf diese Weise beschichtete Blechelement 8 analog Beispiel 1 längs den Falzonen 9 um entsprechende Dorne gebogen und in die endgültige Form gebracht. Das auf diese Weise geformte Bauelement 4 wurde nun abschließend bei einer Temperatur von 950°C während 10 h einer Glühbehandlung unter oxydierender Atmosphäre unterworfen. Dabei wurde auf den nicht abgedeckten Partien des Elements eine zusammenhängende Schutzschicht aus Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und auf den mit einer Zwischenschicht aus Ni<sub>3</sub>Si belegten Partien eine solche aus SiO<sub>2</sub> gebildet. Die mit Pd beschichteten Stellen blieben blank. Das Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> schützt den darunterliegenden Kernwerkstoff im Betrieb vor weiterer Oxydation, das SiO<sub>2</sub> desgleichen vor Karburierung (Aufkohlung).

## Ausführungsbeispiel 3

Siehe Fig. 3 und 4!

Es wurde ein monolithisches Bauelement 4 zur Stromübertragung aus einer oxyddispersionsgehärteten Edelmetall-Legierung hergestellt. Die Projektion der Elektrodenfläche war ein Quadrat von 120 mm Seitenlänge. Als Werkstoff wurde eine Au/Pd-Legierung mit ThO<sub>2</sub> als Dispersoid verwendet. Die Zusammensetzung wurde wie folgt gewählt:

ThO<sub>2</sub> = 2 Gew.-%  
 Pd = 40 Gew.-%  
 Au = Rest

Die Legierung wurde auf chemischem Wege aus den Edelmetallchloriden durch Fällung und Anlagerung der Fällungsprodukte an ThO<sub>2</sub>-Partikeln in Suspension hergestellt. Das auf diese Weise erzeugte, das ThO<sub>2</sub> als

ultrafeines Dispersoid enthaltende Pulver wurde nach pulvermetallurgischen Methoden weiter zu einem flachen Strang und zu einem Blech von 0,45 mm Dicke verarbeitet. Aus dem Blech wurde ein Blechelement 8 gemäß Fig. 4 ausgestanzt. Die an die quadratische Fläche von 120 mm × 120 mm anschließenden Lappen auf der Brennstoffseite hatten eine Breite von 70 mm, diejenigen auf der Sauerstoffseite eine solche von 80 mm. In die als Stromkollektoren vorgesehenen Teile 6 und 7 wurde durch Pressen je eine sinusförmige Welle von 6 mm Wellenlänge gepreßt, die auf der Brennstoffseite eine Amplitude von 1,5 mm, auf der Sauerstoffseite eine solche von 3 mm aufwies. Diese Einzelwellen bildeten je einen Kanal parallel zur Strömungsrichtung des entsprechenden gasförmigen Mediums (CH<sub>4</sub> resp. O<sub>2</sub>). In die Teile 6 und 7 wurden nach einem orthogonalen Raster Warzen von 0,3 mm Höhe und 6 mm Mittenabstand eingedrückt. Diese Warzen zeigten mit ihren konvexen Seiten jeweils in Richtung der entsprechenden Elektrode (elektrisch leitende Berührungspunkte 10 resp. 11). Zwischen diese Warzen wurden auf ihren Diagonalverbindungen Löcher von 4 mm Durchmesser für den Gasdurchtritt gestanzt. Dann wurde das Blechelement 8 um Dorne von 3 mm bzw. 1,5 mm Krümmungsradius um jeweils 180° herumgebogen. Für den Brennstoffstrom CH<sub>4</sub> stand eine lichte Höhe von 3 mm, für den Sauerstoffträgerstrom O<sub>2</sub> eine solche von 6 mm zur Verfügung.

## Ausführungsbeispiel 4

Siehe Fig. 3 und 4!

Das monolithische Bauelement 4 hatte genau die gleichen Flächenabmessungen und wurde grundsätzlich nach den gleichen Methoden hergestellt wie unter Beispiel 3 angegeben. Als Werkstoff wurde ein oxyddispersionsgehärtetes Edelmetall mit folgender Zusammensetzung gewählt:

ThO<sub>2</sub> = 1,8 Gew.-%  
 Pd = Rest

Die Legierung wurde ähnlich Beispiel 1 durch eine Fällungsreaktion in Pulverform hergestellt, verdichtet und warm- sowie kaltverformt. Das Blechelement 8 hatte eine Dicke von 0,3 mm und wurde in seinem als trennende Wand wirkenden Teil 5 mit einer Vielzahl von flachen, 0,25 mm tiefen kreisförmigen Dellen zwecks Versteifung versehen. Im übrigen entsprach der Aufbau genau demjenigen von Beispiel 3.

## Ausführungsbeispiele 5

Siehe Fig. 6 und 7!

Ein monolithisches Bauelement 4 zur Stromübertragung wurde aus einem dispersionsgehärteten Edelmetall hergestellt. Die Projektion der Elektrodenfläche war ein Quadrat von 100 mm Seitenlänge. Als Werkstoff wurde ein Edelmetall mit folgender Zusammensetzung gewählt:

TiC = 0,06 Gew.-% (ca. 0,15 Vol.-%)  
 Pd = Rest

Zur Herstellung der Legierung wurden pulvermetallurgische Verfahren herangezogen. Pd-Pulver mit einer



maximalen Partikelgröße von 10 µm wurde mit 0,06 Gew.-% TiC-Pulver mit einer maximalen Partikelgröße von 0,8 µm während 30 h unter Toluol im Attritor (Hochgeschwindigkeits-Kugelmühle) gemahlen und mechanisch legiert. Das bis zur Sättigung kaltverformte Pulver wurde getrocknet und in eine Weicheisendose abgefüllt, evakuiert und gasdicht verschlossen. Die gefüllte Dose wurde bei einer Temperatur von 1150°C mit einem Reduktionsverhältnis von 30 : 1 zu einem Flachstab von 50 mm Breite und 6 mm Dicke stranggepreßt. Durch Warm- und Kaltwalzen wurde das Werkstück zu einem Blech von 0,35 mm Dicke weiterverarbeitet. Aus dem Blech wurde ein Blechelement 8 gemäß Fig. 7 ausgestanzt. Die an die quadratische Fläche von 100 mm × 100 mm anschließenden dreieckigen Lappen hatten auf der Brennstoffseite eine Breite (Höhe des rechtwinkligen Dreiecks) von 150 mm, auf der Sauerstoffseite eine solche von 160 mm. In die als Stromkollektoren vorgesehenen Teile 6 und 7 (dreieckige Lappen) wurden abwechselungsweise Wellen und Noppen derart eingepreßt, daß die Wellenfronten jeweils parallel zu der entsprechenden Strömungsrichtung des gasförmigen Mediums (CH<sub>4</sub> resp. O<sub>2</sub>) zu liegen kamen. Die Wellenlänge betrug 7 mm, die Amplitude auf der Brennstoffseite 1,6 mm, auf der Sauerstoffseite 3,2 mm. Die dazwischenliegenden Noppen hatten eine Höhe von 0,4 mm. Auf diese Weise wurden elektrisch leitende Berührungspunkte 10 und 11 mit einem Mittenabstand von ca. 7 mm geschaffen. Dazwischen wurden Löcher von 5 mm Durchmesser für den Durchtritt der gasförmigen Medien gestanzt. Nun wurde das Blechelement 8 um jeweils 180° gefaltet. Zum Abschluß wurde das ganze Bauelement 4 während 2 h bei 1280°C unter Argon als Schutzgas geglüht.

#### Ausführungsbeispiel 6

Siehe Fig. 6 und 7!

Das monolithische Bauelement 4 hatte genau die gleichen Flächenabmessungen wie dasjenige von Beispiel 5. Als Werkstoff wurde ein oxyddispersionsgehärtetes Edelmetall mit folgender Zusammensetzung gewählt:

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 0,8 Gew.-%  
Pt = Rest

Es wurde zunächst eine Pt/Al-Legierung erschmolzen, zu einem Barren vergossen und durch Walzen zu einem Blech mit einer Dicke von 0,4 mm verarbeitet. Aus dem Blech wurde ein Blechelement 8 gemäß Fig. 7 ausgestanzt und durch Pressen, Stanzen und Biegen in die unter Beispiel 5 beschriebene Form gebracht. Das fertig geformte Bauelement 4 wurde zum Schluß unter einem O<sub>2</sub>-Partialdruck von 4 bar während 5 h bei einer Temperatur von 1200°C geglüht. Dabei oxydierte das Aluminium vollständig zu ultrafeinen Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Partikeln. Diese Dispersoide waren in sehr feiner Verteilung in der Platinmatrix eingelagert.

#### Ausführungsbeispiel 7

Siehe Fig. 9 und 10!

Aus einem oxyddispersionsgehärteten Edelmetall wurde ein monolithisches Bauelement 4 zur Stromübertragung gefertigt. Die Projektion der Elektrodenfläche

war ein Quadrat von 120 mm Seitenlänge. Als Werkstoff wurde eine Pt-Legierung mit MgO als Dispersoid gewählt. Die Zusammensetzung war wie folgt:

5 MgO = 1,2 Gew.-%  
Pt = Rest

Es wurde schmelzmetallurgisch eine Pt/Mg-Legierung erzeugt, zu einem Barren vergossen und durch Warm- und Kaltwalzen zu einem Blech mit einer Dicke von 0,35 mm verarbeitet. Aus diesem Blech wurde ein Blechelement 8 gemäß Fig. 10 ausgestanzt. Die an die quadratische Fläche (als Trennplatte wirkender Teil 5) von 120 mm × 120 mm anschließenden federnden Lamellen 12 und 13 hatten eine Breite von 3 mm und auf der Brennstoffseite eine Länge von 180 mm, auf der Sauerstoffseite eine Länge von 190 mm. Die lichte Weite der zwischen zwei benachbarten Lamellen liegenden Aussparung betrug 4 mm, so daß im fertigen Zustand jeweils ein Spiel von 0,5 mm vorgesehen wurde. Die als Stromkollektoren vorgesehenen Teile 6 und 7 (Lamellen 12 und 13) wurden zu wellenförmigen Gebilden gepreßt, wobei eine größere Zahl von Wellen mit kleinerer Amplitude (0,3 mm) mit einer kleineren Zahl von Wellen mit größerer Amplitude (1,6 mm auf der Brennstoffseite, 3 mm auf der Sauerstoffseite) miteinander abwechselten. Die Wellenlänge betrug durchgehend 6 mm. Die Wellen von zwei benachbarten Lamellen im fertigen Bauelement waren um eine halbe Wellenlänge gegeneinander versetzt. Auf diese Weise wurden Berührungspunkte 10 und 11 geschaffen, die in der Längsrichtung der Lamellen einen Abstand von 6 mm, quer dazu einen solchen von 3,5 mm aufwiesen. Das Blechelement 8 wurde mit Hilfe von Dornen durch Falten in die in Fig. 9 gezeigte Form gebracht. Dann wurde das ganze Bauelement 4 während 3 h unter einem O<sub>2</sub>-Partialdruck von 4 bar während 3 h bei einer Temperatur von 1250°C geglüht. Dabei oxydierte das Magnesium vollständig zu ultrafeinen, feinverteilten MgO-Dispersoiden. Die letzteren zeichnen sich durch eine besonders große Stabilität aus.

#### Ausführungsbeispiel 8

Siehe Fig. 9 und 10!

Es wurde aus einer dispersionsgehärteten Edelmetall-Legierung ein monolithisches Bauelement 4 zur Stromübertragung hergestellt. Die Projektion der Elektrodenfläche war ein Quadrat von 100 mm Seitenlänge. Als Werkstoff wurde eine Pt/Rh-Legierung mit TiC als Dispersoid gewählt. Die Zusammensetzung stellte sich wie folgt:

55 TiC = 0,05 Gew.-% (ca. 0,25 Vol.-%)  
Rh = 10 Gew.-%  
Pt = Rest

Die Herstellung der Legierung erfolgte auf pulvermetallurgischem Wege. 90 Gew.-% Pt-Pulver mit einer maximalen Partikelgröße von 5 µm und Rh-Pulver mit einer maximalen Partikelgröße von 3 µm wurden mit 0,05 Gew.-% TiC-Pulver mit einer maximalen Partikelgröße von 0,6 µm während 24 h unter Toluol im Attritor gemahlen und mechanisch legiert. Das bis zur Sättigung kaltverformte Pulver wurde getrocknet und in eine Kapsel aus weichem Stahl abgefüllt, evakuiert und gasdicht verschweißt. Das eingekapselte Pulver wurde bei

einer Temperatur von 1250°C mit einem Reduktionsverhältnis von 36 : 1 zu einem flachen Profil von 60 mm Breite und 8 mm Dicke stranggepreßt. Vom Strang wurde ein Teil von 120 mm Länge abgesägt und durch abwechselungsweises Walzen in Längs- und Querrichtung zunächst im warmen, dann im kalten Zustand auf ein Blech mit einer Dicke von 0,32 mm verarbeitet. Aus dem Blech wurde ein Blechelement 8 gemäß Fig. 10 ausgestanzt. Die an die quadratische, als Trennplatte (Teil 5) wirkende Fläche von 100 mm × 100 mm anschließenden federnden Lamellen 12 und 13 hatten eine Breite von 2,8 mm und auf der Brennstoffseite eine Länge von 160 mm, auf der Sauerstoffseite eine solche von 170 mm. Die lichte Weite zwischen zwei Lamellen betrug 3,5 mm, so daß im fertigen Bauelement 4 jeweils ein seitliches Spiel von 0,35 mm vorhanden war. Die als Stromkollektoren vorgesehenen Teile 6 und 7 (Lamellen 12 und 13) wurden zu Gebilden gepreßt, bei denen auf je eine steile sinusförmige Welle von 5 mm Wellenlänge eine Reihe von kugelkalottenförmigen Noppen von 0,25 mm Höhe folgten. Die Amplitude der Welle betrug auf der Brennstoffseite 1,4 mm, auf der Sauerstoffseite 3,2 mm, so daß auf der ersten für den Durchtritt des CH<sub>4</sub> ein Durchlaß von 2,8 mm lichter Höhe und auf der letzteren für den O<sub>2</sub>-Träger (Luft) ein solcher von 6,4 mm vorhanden war. Das Blechelement 8 wurde durch Falten in die in Fig. 9 dargestellte Form gebracht. Das nun vorliegende Bauelement 4 wurde während 3 h bei 1350°C unter Argon als Schutzgas geglüht.

#### Ausführungsbeispiel 9

Siehe Fig. 12 und 13!

Ein monolithisches Bauelement 4 wurde aus einer oxyddispersionsgehärteten Fe/Cr-Legierung mit der Handelsbezeichnung MA 956 (INCO) gefertigt. Die Legierung hatte die folgende Zusammensetzung:

Cr = 20 Gew.-%  
Al = 4,5 Gew.-%  
Ti = 0,5 Gew.-%  
Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 0,5 Gew.-%  
Fe = Rest

Aus einem handelsüblichen Blech von 0,4 mm Dicke wurde gemäß Fig. 13 ein Blechelement 8 gestanzt. Die Projektion der Elektrodenfläche war ein Quadrat von 100 mm Seitenlänge. Die an diesem Teil 5 anschließenden federnden Lamellen 12 und 13 waren dreieckig spitz zulaufend ausgelegt und hatten an ihrer Basis eine Breite von 5 mm. Auf der Brennstoffseite hatten die Lamellen 12 eine Länge von 140 mm, auf der Sauerstoffseite die Lamellen 13 eine solche von 150 mm. Die Lamellen 12 bzw. 13 waren dergestalt geschnitten, daß nach dem Falten am fertigen Bauelement 4 zwischen zwei entgegengesetzt gerichteten Lamellen ein seitliches Spiel von 0,4 mm vorhanden war. Die als Stromkollektoren vorgesehenen Teile 6 und 7 (Lamellen 12 und 13) wurden durch Pressen mit je drei längsgerichteten dachartigen Erhebungen versehen, auf deren Scheiteln im Abstand von 7 mm je eine Warze von 0,2 mm Höhe angedrückt war. Außerdem wurden in die Lamellen 12 und 13 drei steile trapezförmige Wellen von 6 mm Wellenlänge zur Stützung auf den als Trennplatte wirkenden Teil 5 gepreßt. Die Amplitude dieser trapezförmigen Welle maß auf der Brennstoffseite 1,5 mm, auf der Sauerstoffseite 3 mm. In die die Flanken darstellenden Wellen waren

zuvor Löcher von 2 mm Durchmesser zur besseren Verteilung der strömenden gasförmigen Medien gestanzt worden.

Nun wurde der als Stromkollektor auf der Brennstoffseite wirkende Teil 6 des Blechelements 8 beidseitig, der als Stromkollektor auf der Sauerstoffseite wirkende Teil 7 nur auf der auf der Sauerstoffelektrode aufliegenden Seite mit einer als Diffusionssperre wirkenden Zwischenschicht aus Ni<sub>3</sub>Si versehen. Desgleichen wurde der als Trennplatte wirkende Teil 5 nur auf der Brennstoffseite mit dem gleichen Werkstoff beschichtet. Diese Zwischenschicht wurde durch Kathodenzerstäubung in einer Dicke von 20 µm aufgetragen. Auf den auf den Elektroden aufliegenden Seiten der Teile 6 und 7 wurde auf diese Zwischenschicht je eine Schutzschicht (elektrische Kontaktschicht) von 30 µm Dicke aus Platin elektrochemisch abgeschieden. Das auf diese Weise beschichtete Blechelement 8 wurde nun längs den Faltzonen 9 um Dorne von 1,5 mm bzw. 3 mm Krümmungsradius gebogen und in die endgültige Form (Bauelement 4, Fig. 12) gebracht. Das Bauelement 4 wurde anschließend bei einer Temperatur von 850°C während 24 h in oxydierender Atmosphäre geglüht. Auf den nicht durch Ni<sub>3</sub>Si noch durch Pt abgedeckten Teilen des Elements 4, d. h. auf der Sauerstoffseite des Teils 5 und auf der dem O<sub>2</sub>-Strom zugewandten Seite des Teils 7 wurde dabei eine zusammenhängende Schutzschicht aus Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> gebildet. Auf den mit einer Zwischenschicht aus Ni<sub>3</sub>Si belegten Partien (Brennstoffseite des Teils 5, dem CH<sub>4</sub>-Strom zugewandte Seite des Teils 6) wurde eine Schutzschicht aus SiO<sub>2</sub> gebildet. Die mit Pt belegten Stellen blieben blank. Auf diese Weise wird das gesamte Bauelement 4 vor weiterer vorzeitiger Oxydation bzw. Aufkohlung geschützt, und es kann mit einer langen Lebensdauer gerechnet werden. Zwecks Erreichung hoher Warmfestigkeit wurde das Bauelement 4 bei 1300°C während 1/2 h einer Rekristallisationsglühung unterworfen.

#### Ausführungsbeispiel 10

Siehe Fig. 14!

Ein monolithisches Bauelement zur Stromübertragung wurde aus einer oxyddispersionsgehärteten Nickelbasis-Superlegierung gefertigt. Die Legierung hatte die Handelsbezeichnung MA 754 (INCO) und wies folgende Zusammensetzung auf:

Cr = 20 Gew.-%  
Al = 0,3 Gew.-%  
Ti = 0,5 Gew.-%  
Fe = 1 Gew.-%  
C = 0,05 Gew.-%  
Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 0,6 Gew.-%  
Ni = Rest

Ein handelsübliches Blech von 1 mm Dicke wurde auf 0,3 mm warmgewalzt und daraus ein Blechelement 8 ähnlich Fig. 4 gestanzt. Die Projektion der Elektrodenfläche war ein Quadrat von 100 mm Seitenlänge. Die an diesem Teil 5 anschließenden rechteckigen Lappen waren auf der Brennstoffseite je 80 mm, auf der Sauerstoffseite je 110 mm breit. Die Lappen wurden je senkrecht zur Faltzone 9 derart geschlitzt, daß federnde Lamellen (ähnlich 12 bzw. 13 in Fig. 10) mit einem seitlichen Spiel von je 0,2 mm gebildet wurden. Die Lamellen wurden nun derart in sinusförmige Wellen von 6 mm Wellenlän-

ge gepreßt, daß je 2 benachbarte Wellen um eine halbe Wellenlänge gegeneinander versetzt waren. Auf der Brennstoffseite (Teil 6) hatten diese Wellen eine Amplitude von 1,6 mm, auf der Sauerstoffseite (Teil 7) eine solche von 3,2 mm. Der ganze als Trennplatte wirkende Teil 5 wurde auf beiden Seiten sowie die Scheitel der Welle der als Stromkollektoren wirkenden Teile 6 und 7 nach dem Pastenverfahren mit einer Pt-Schicht überzogen. Die Paste bestand aus einer Aufschlämmung von Pt-Pulver mit max. 2 µm Partikelgröße in einem Lösungsmittel mit rückstandsfreiem organischen Binder. Das derart beschichtete Blechelement 8 wurde während 1/2 h bei 400°C getrocknet und dann während 20 h bei 900°C in oxydierender Atmosphäre gegläht. Dabei wurde eine aus leitendem  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  bestehende ca. 5 µm dicke Zwischenschicht und eine mehr oder weniger zusammenhängende Pt-Oberflächenschicht von durchschnittlich 15 µm Dicke gebildet. Nun wurde das beschichtete Blechelement um entsprechende Dorne gebogen und in die in Fig. 14 dargestellte Form gebracht. Auf diese Weise wurde ein Bauelement geschaffen, das sowohl auf der Sauerstoffseite ( $\text{O}_2$ -Strom) der Weiteroxydation trotz als auch auf der Brennstoffseite ( $\text{CH}_4$ -Strom) der Aufkohlung. Zur Erzielung der höchstmöglichen Warmfestigkeit wurde das Bauelement schließlich bei 1280°C während 1 h einer Rekristallisationsglühung unterworfen.

Die Erfindung ist nicht auf die Ausführungsbeispiele beschränkt.

Das Bauelement 4 zur Stromübertragung zwischen benachbarten flachen, ebenen, stapelförmig angeordneten Hochtemperatur-Brennstoffzellen (1; 2; 3) mit Feststoffelektrolyt 1 auf der Basis von stabilisiertem Zirkonoxid, wobei jeweils die Sauerstoffelektrode 2 der einen Brennstoffzelle mit der Brennstoffelektrode 3 der nächstfolgenden Brennstoffzelle elektrisch verbunden und der zwischen den Elektroden 2 und 3 liegende Zwischenraum durch eine gasdichte, elektrisch leitende trennende Wand in zwei, die unterschiedlichen gasförmigen Medien Brennstoff ( $\text{CH}_4$ ) und Sauerstoffträger ( $\text{O}_2$ ) führenden Räume unterteilt ist, besteht aus einem einzigen, mehrfach gefalteten monolithischen Blechteil, das derart geformt ist, daß ein mittlerer Teil 5 die trennende Wand und die beiden äußeren Teile die senkrecht zur Plattenebene der Brennstoffzelle vollelastischen Stromkollektoren 6 und 7 bilden, welche eine Vielzahl von die elektrisch leitenden Berührungspunkte 10 und 11 zu den benachbarten Elektroden 2 und 3 gewährleistenden Erhebungen in Form von Wellen, Falten oder Noppen aufweisen. Der den Stromkollektor auf je einer Seite bildende Teil ist vorzugsweise rechteckig, quadratisch oder trapezförmig und deckt die ganze Projektion der Elektrodenfläche zusammenhängend ab.

In einer ersten Variante besteht der den Stromkollektor 6 und 7 auf je einer Seite bildende Teil aus zwei sich gegenüberliegenden, in der Mittellinie der Elektrodenfläche stumpf aufeinandertreffenden rechteckigen oder quadratischen Hälften, wobei jede die Projektion der halben Elektrodenfläche abdeckt. In einer zweiten Variante besteht der den Stromkollektor 6 und 7 auf je einer Seite bildende Teil aus zwei sich gegenüberliegenden, in der Diagonalen der Elektrodenfläche stumpf aufeinandertreffenden dreieckigen Hälften, wobei jede die Projektion der halben Elektrodenfläche abdeckt. In einer dritten Variante besteht der den Stromkollektor 6 und 7 bildende Teil aus einer Vielzahl von schmalen, rechteckförmigen Zungen 12 und 13, deren lichter Abstand in der Querrichtung mindestens gleich der Zungenbreite ist. In

einer vierten Variante besteht der den Stromkollektor 6 und 7 bildende Teil aus einer Vielzahl von sich dreieckförmig verjüngenden Zungen 12 und 13.

Vorteilhafterweise ist das Bauelement derart ausgebildet, daß die Stromkollektoren 6 und 7 auch auf der den Elektroden 2 und 3 abgewandten Seite eine Vielzahl von Erhebungen in Form von Wellen, Falten oder Noppen oder deren Negativform aufweisen, wobei diese Erhebungen sich auf den die trennende Wand bildenden mittleren Teil 5 abstützen und gegenüber diesem eine Vielzahl von elektrisch leitenden Berührungspunkten gewährleisten.

Das Bauelement besteht vorzugsweise aus einem dispersionsgehärteten Edelmetall ausgewählt aus der Gruppe Au, Pd oder Pt oder aus einer Legierung von mindestens zweien dieser Elemente oder aus einer dispersionsgehärteten, weitgehend Al-, Si- und Ti-freien hochchromhaltigen Nickel- oder Eisenbasislegierung, wobei die die Berührungspunkte 10 und 11 bildenden Stellen der Erhebungen sowie ihre unmittelbare Umgebung mit einer elektrisch leitenden  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ -Zwischenschicht und einer Edelmetall-Oberflächenschicht versehen sind.

Das Verfahren zur Herstellung eines Bauelements zur Stromübertragung wird durchgeführt, indem ein Blechelement 8 aus einer Hochtemperaturlegierung oder einem warmfesten dispersionsgehärteten Edelmetall derart ausgestanzt wird, daß es um eine rechteckige, quadratische oder trapezförmige Grundfläche herum auf allen Seiten vorstehende rechteckige, quadratische, trapezförmige, dreieckige oder mehrere rechteckige oder dreieckige Zungen 12 und 13 enthaltende Lappen aufweist, welche abgekantet und mit einem Biegeradius > 2 mal Blechdicke um 180°C gegen die Grundfläche zu umgebogen werden und indem vor, während oder nach dieser Operation die Lappen in einzelne Streifen aufgeschnitten und/oder durch Stanzen und/oder Drücken mit ein- oder beidseitigen Erhebungen in Form von Wellen, Falten oder Noppen versehen werden. Das Bauelement wird vorzugsweise aus einem mit Dispersoiden aus  $\text{ThO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Y}_2\text{O}_3$  oder TiC dotierten Blechelement 8 aus Au, einer Au/Pd-Legierung, oder aus Pd oder aus Pt oder aus einer Pt/Rh-Legierung in einer Dicke von 50 µm bis 500 µm gefertigt. In einer anderen Ausführungsart wird das Bauelement aus einem aus einer warmfesten dispersionsgehärteten hochchromhaltigen Al- und Ti-freien Nickelbasis-Superlegierung bestehenden Blechelement 8 gefertigt und nach der Formgebung zwecks Bildung von  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  während mindestens 24 h unter oxydierender Atmosphäre einer Glühbehandlung bei 800 bis 1000°C unterworfen und an den für den Kontakt mit den Elektroden vorgesehenen Berührungspunkten 10 und 11 und an dem die trennende Wand darstellenden Teil 5 mit einer dichten oder porösen Oberflächenschicht aus Au oder einem Pt-Metall oder einer Legierung von mindestens zweien dieser Elemente versehen. In einer weiteren Ausführungsart wird das Bauelement aus einem aus einer warmfesten Ni- oder Fe-Basislegierung bestehenden Blechelement 8 gefertigt und letzteres wird mit einer Diffusionssperre und nach der Formgebung an den für den Kontakt mit den Elektroden vorgesehenen Berührungspunkten 10 und 11 und an dem die trennende Wand darstellenden Teil 5 mit einer Oberflächenschicht aus Au oder einem Pt-Metall oder einer Legierung von mindestens zweien dieser Elemente versehen.



1. Bauelement (4) zur Stromübertragung zwischen benachbarten flachen, ebenen, stapelförmig angeordneten Hochtemperatur-Brennstoffzellen (1; 2; 3) mit Feststoffelektrolyt (1) auf der Basis von stabilisiertem Zirkonoxyd, wobei jeweils die Sauerstoffelektrode (2) der einen Brennstoffzelle mit der Brennstoffelektrode (3) der nächstfolgenden Brennstoffzelle elektrisch verbunden und der zwischen den Elektroden (2; 3) liegende Zwischenraum durch eine gasdichte, elektrisch leitende trennende Wand in zwei, die unterschiedlichen gasförmigen Medien Brennstoff ( $\text{CH}_4$ ) und Sauerstoff ( $\text{O}_2$ ) führenden Räume unterteilt ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Bauelement (4) aus einem einzigen, mehrfach gefalteten monolithischen Blechteil besteht, das derart geformt ist, daß ein mittlerer Teil (5) die trennende Wand und die beiden äußeren Teile die senkrecht zur Plattenebene der Brennstoffzelle voll elastischen Stromkollektoren (6; 7) bilden, welche eine Vielzahl von die elektrisch leitenden Berührungspunkte (10; 11) zu den benachbarten Elektroden (2; 3) gewährleistenden Erhebungen in Form von Wellen, Falten oder Noppen aufweisen.
2. Bauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der den Stromkollektor auf je einer Seite bildende Teil rechteckig, quadratisch oder trapezförmig ist und die ganze Projektion der Elektrodenfläche zusammenhängend abdeckt.
3. Bauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der den Stromkollektor (6; 7) auf je einer Seite bildende Teil aus zwei sich gegenüberliegenden, in der Mittellinie der Elektrodenfläche stumpf aufeinandertreffenden rechteckigen oder quadratischen Hälften besteht, wobei jede die Projektion der halben Elektrodenfläche abdeckt.
4. Bauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der den Stromkollektor (6; 7) auf je einer Seite bildende Teil aus zwei sich gegenüberliegenden, in der Diagonalen der Elektrodenfläche stumpf aufeinandertreffenden dreieckigen Hälften besteht, wobei jede die Projektion der halben Elektrodenfläche abdeckt.
5. Bauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der den Stromkollektor (6; 7) bildende Teil eine Vielzahl von schmalen, rechteckförmigen Zungen (12; 13) aufweist, deren lichter Abstand in der Querrichtung mindestens gleich der Zungenbreite ist.
6. Bauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der den Stromkollektor (6; 7) bildende Teil eine Vielzahl von sich dreieckförmig verjüngenden Zungen (12; 13) aufweist.
7. Bauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromkollektoren (6; 7) derart ausgebildet sind, daß sie auch auf der den Elektroden (2; 3) abgewandten Seite eine Vielzahl von Erhebungen in Form von Wellen, Falten oder Noppen oder deren Negativform aufweisen, wobei diese Erhebungen sich auf den die trennende Wand bildenden mittleren Teil (5) abstützen und gegenüber diesem eine Vielzahl von elektrisch leitenden Berührungspunkten gewährleisten.
8. Bauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es aus einem dispersionsgehärtetem Edelmetall ausgewählt aus der Gruppe Au, Pd oder

- Pt oder aus einer Legierung von mindestens zweien dieser Elemente besteht.
9. Bauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es aus einer dispersionsgehärteten, weitgehend Al-, Si- und Ti-freien hochchromhaltigen Nickel- oder Eisenbasislegierung besteht, und daß die die Berührungspunkte (10; 11) bildenden Stellen der Erhebungen sowie ihre unmittelbare Umgebung mit einer elektrisch leitenden  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ -Zwischenschicht und einer Edelmetall-Oberflächenschicht versehen sind.
  10. Verfahren zur Herstellung eines Bauelements gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Blechelement (8) aus einer Hochtemperaturlegierung oder einem warmfesten dispersionsgehärteten Edelmetall derart ausgestanzt wird, daß es um eine rechteckige, quadratische oder trapezförmige Grundfläche herum auf allen Seiten vorstehende rechteckige, quadratische, trapezförmige, dreieckige oder mehrere rechteckige oder dreieckige Zungen (12; 13) enthaltende Lappen aufweist, welche abgekantet und mit einem Biegeradius  $> 2$  mal Blechdicke um  $180^\circ\text{C}$  gegen die Grundfläche zu umgebogen werden und daß vor, während oder nach dieser Operation die Lappen in einzelne Streifen aufgeschnitten und/oder durch Stanzen und/oder Drücken mit ein- oder beidseitigen Erhebungen in Form von Wellen, Falten oder Noppen versehen werden.
  11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Bauelement aus einem mit Dispersoiden aus  $\text{ThO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Y}_2\text{O}_3$  oder TiC dotierten Blechelement (8) aus Au, einer Au/Pd-Legierung, oder aus Pd oder aus Pt oder aus einer Pt/Rh-Legierung in einer Dicke von  $50\text{ }\mu\text{m}$  bis  $500\text{ }\mu\text{m}$  gefertigt wird.
  12. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Bauelement aus einem aus einer warmfesten dispersionsgehärteten hochchromhaltigen Al- und Ti-freien Nickelbasis-Superlegierung bestehenden Blechelement (8) gefertigt und nach der Formgebung zwecks Bildung von  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  während mindestens 24 h unter oxydierender Atmosphäre einer Glühbehandlung bei 800 bis  $1000^\circ\text{C}$  unterworfen und an den für den Kontakt mit den Elektroden vorgesehenen Berührungspunkten (10; 11) und an dem die trennende Wand darstellenden Teil (5) mit einer dichten oder porösen Oberflächenschicht aus Au oder einem Pt-Metall oder einer Legierung von mindestens zweien dieser Elemente versehen wird.
  13. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Bauelement aus einem aus einer warmfesten Ni- oder Fe-Basislegierung bestehenden Blechelement (8) gefertigt und letzteres mit einer Diffusionssperre aus einer intermetallischen Verbindung bedeckt und nach der Formgebung an den für den Kontakt mit den Elektroden vorgesehenen Berührungspunkten (10; 11) und an dem die trennende Wand darstellenden Teil (5) mit einer Oberflächenschicht aus Au oder einem Pt-Metall oder einer Legierung von mindestens zweien dieser Elemente versehen wird.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

FIG.1

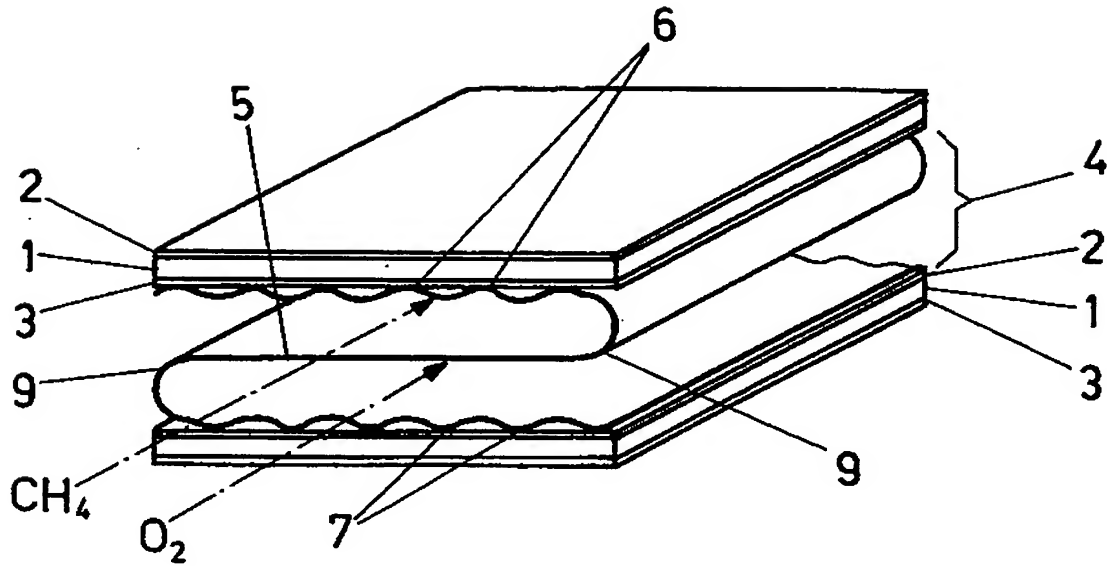


FIG.2

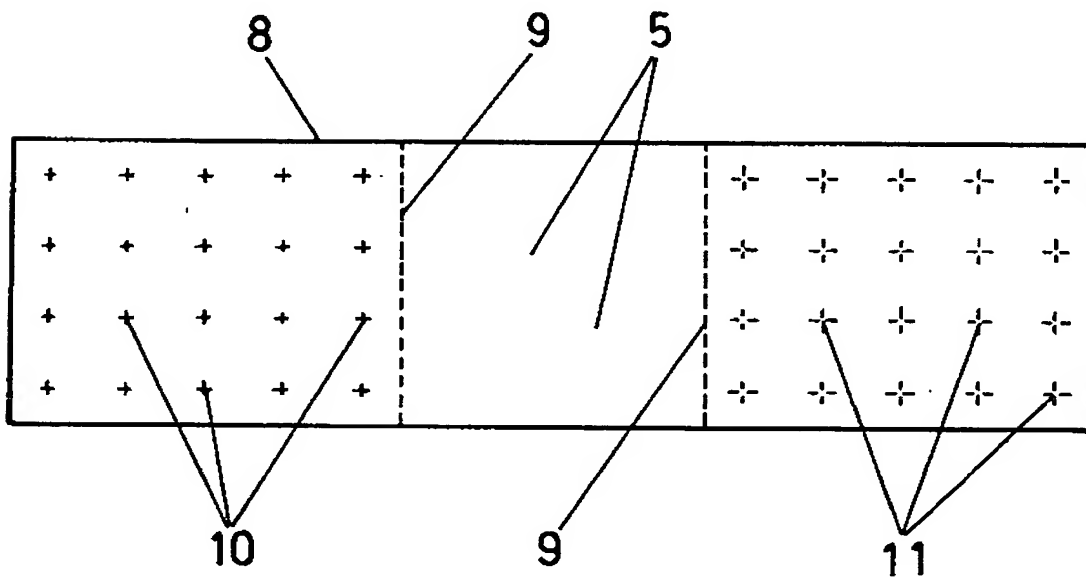


FIG.3

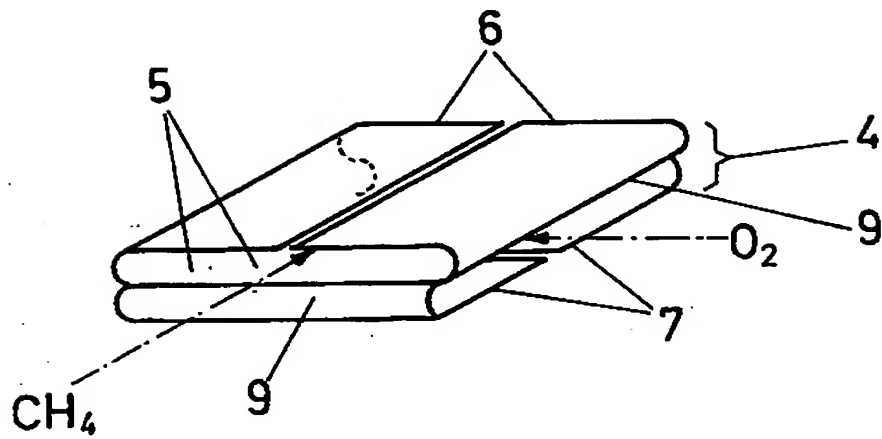


FIG.4

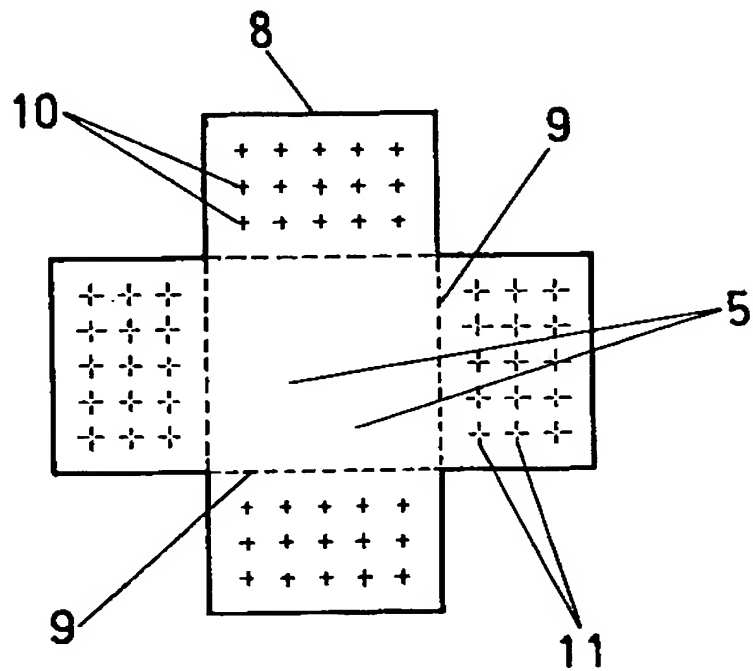


FIG. 5

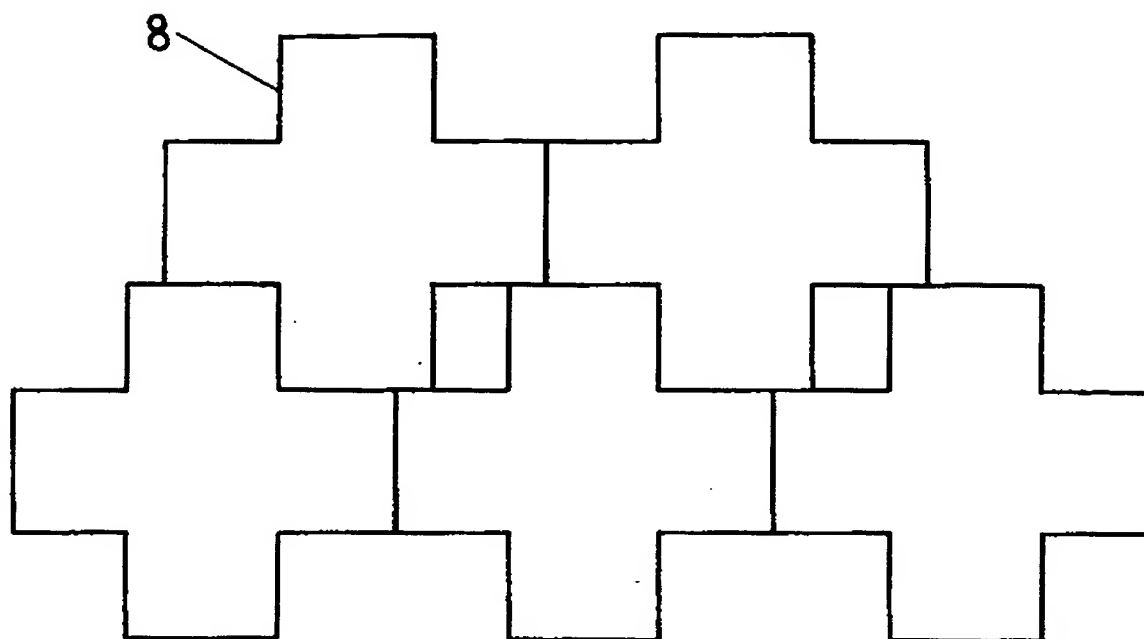


FIG. 6

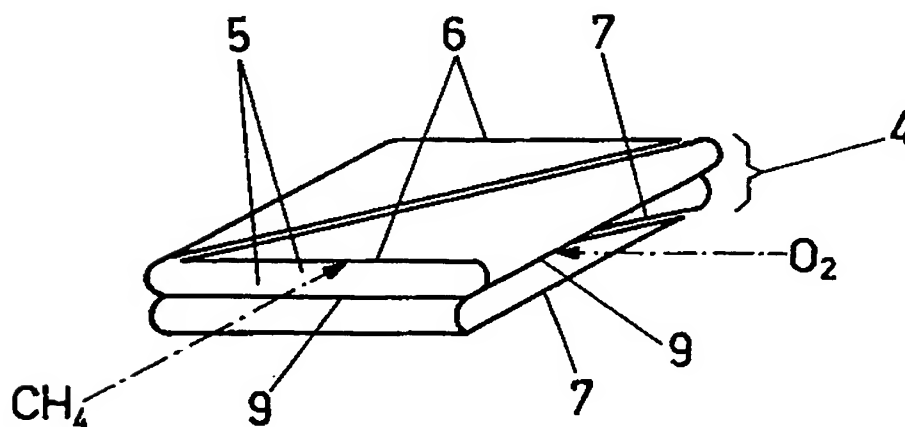


FIG.7

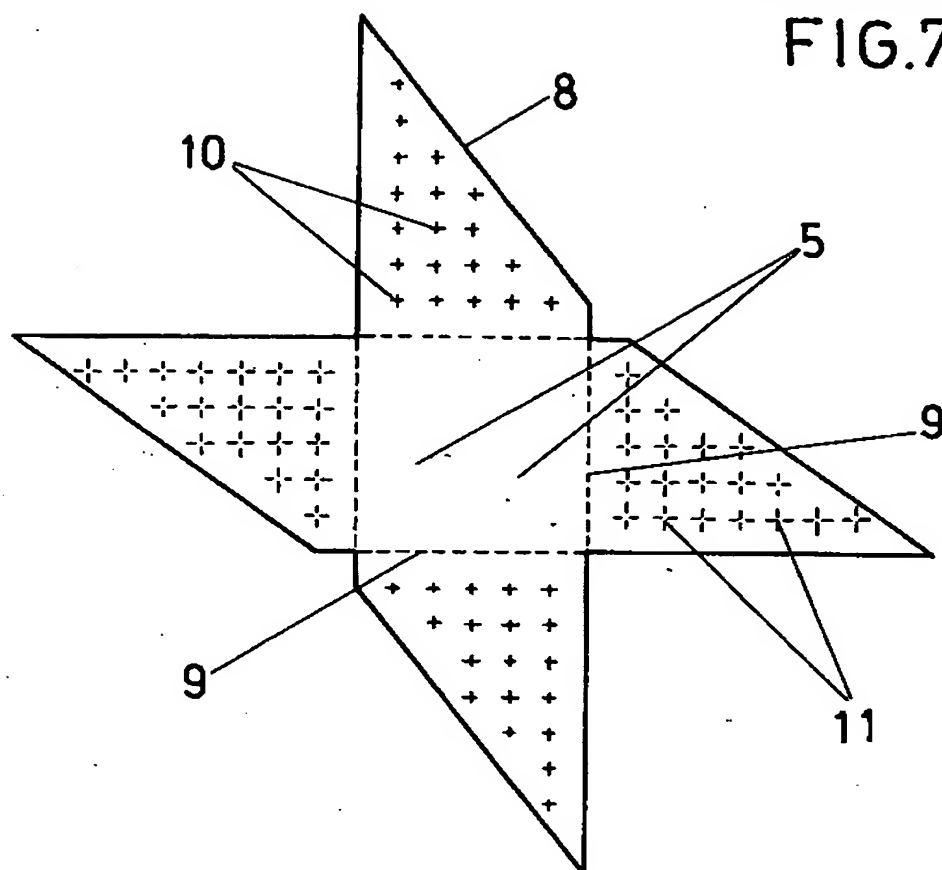


FIG.8

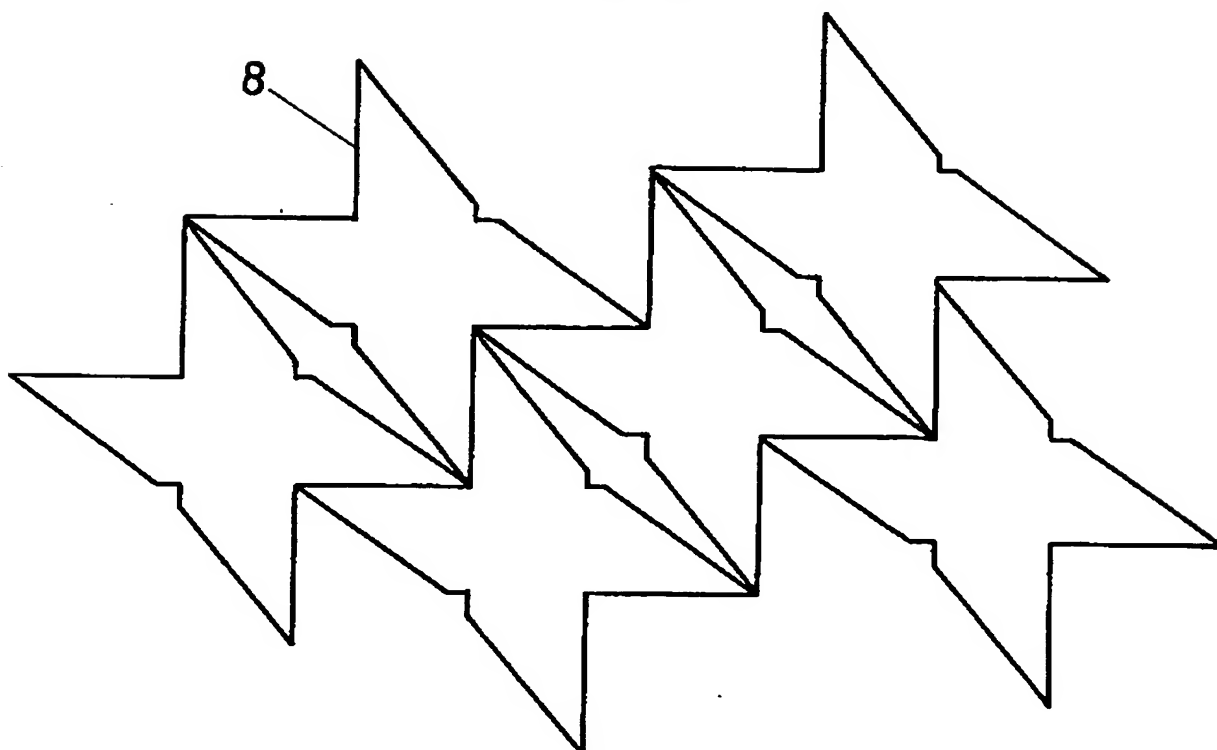




FIG. 9

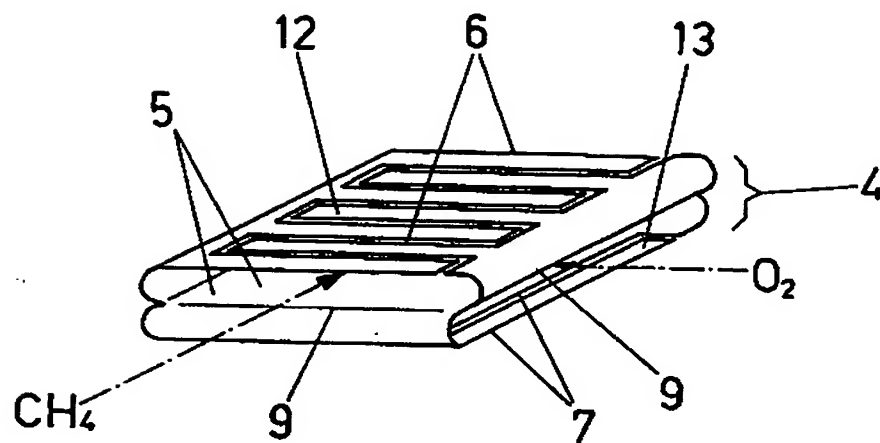


FIG. 10

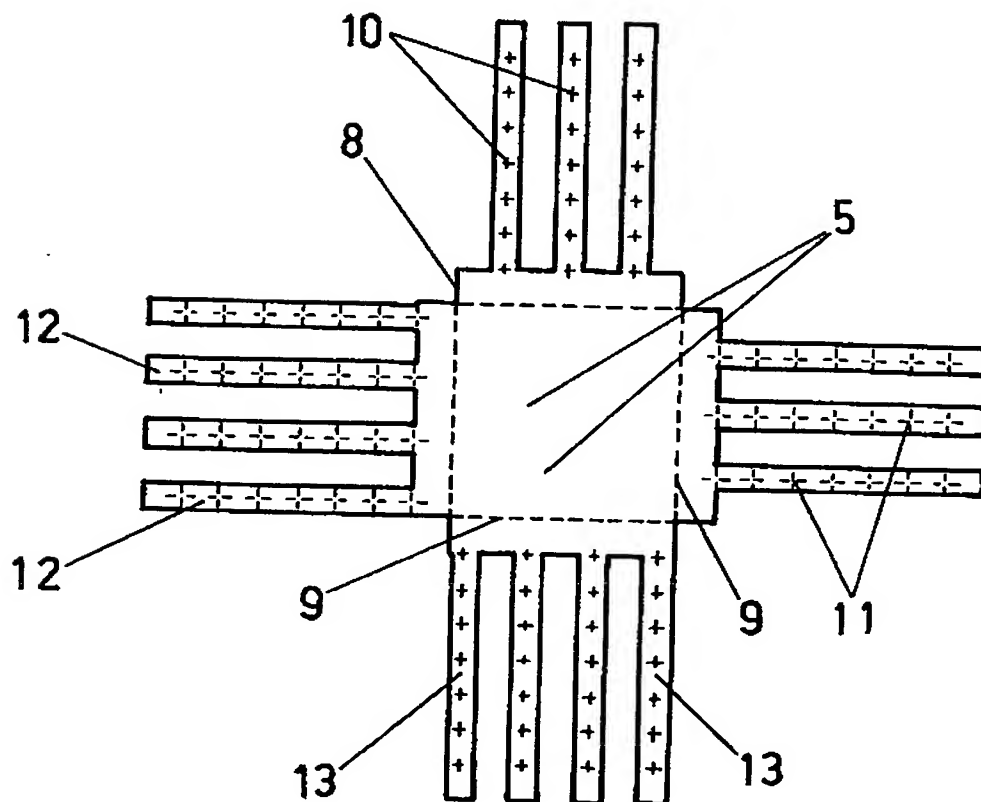


FIG.11

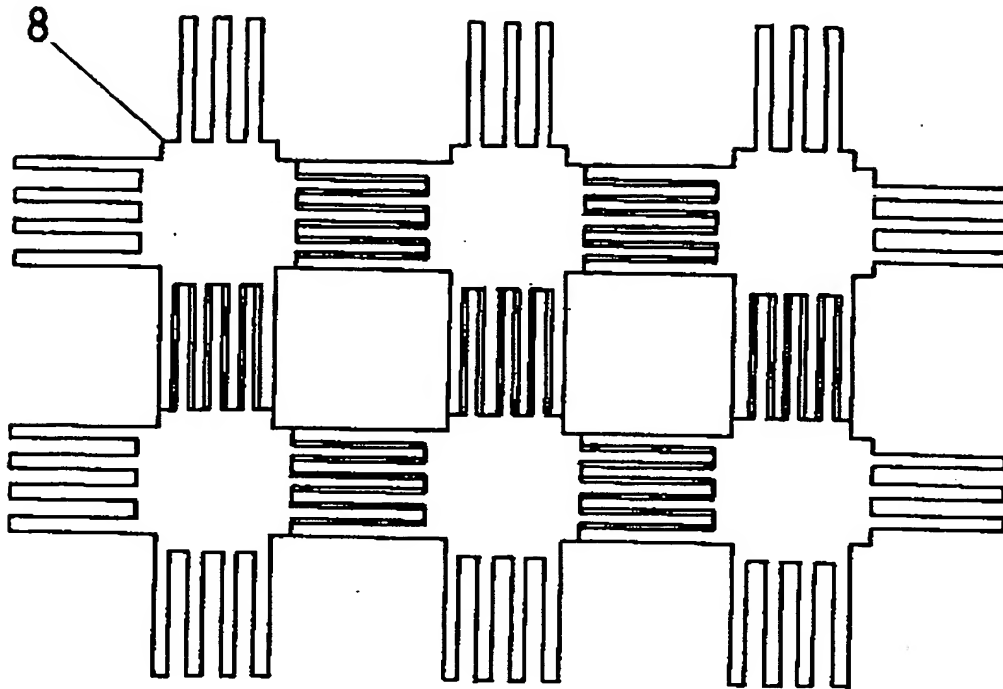


FIG.12

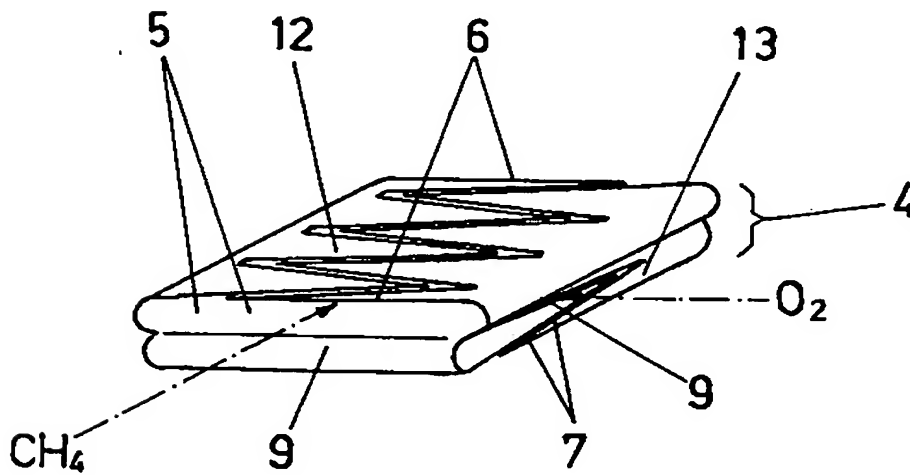


FIG.13

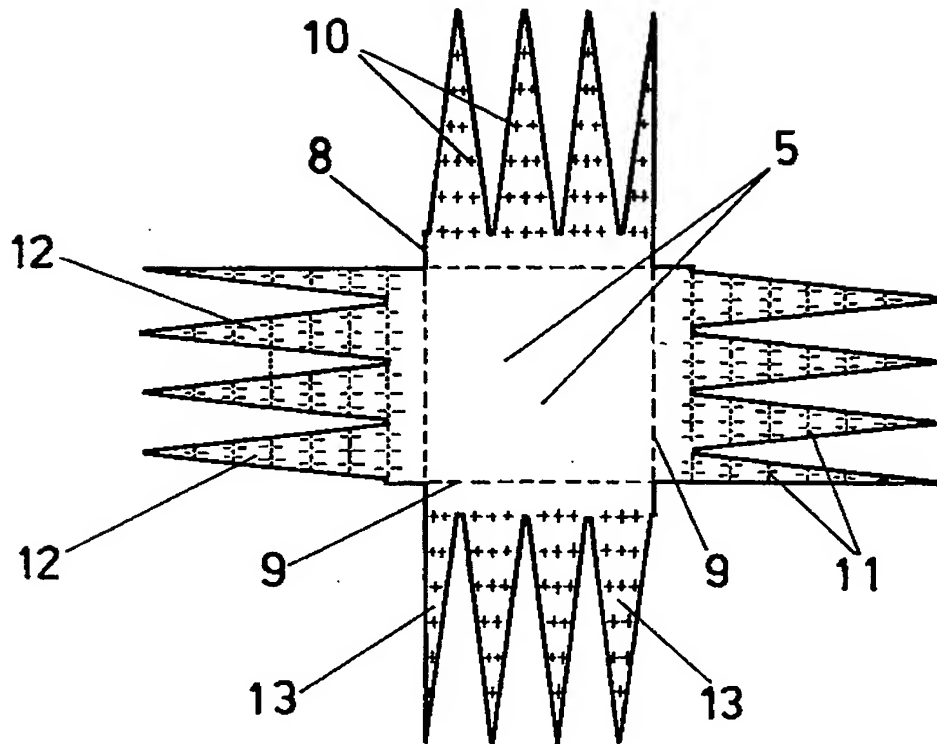


FIG.14

